

CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DO EXTRATO DE SATURAÇÃO DO SOLO A PARTIR DE EXTRATOS 1:2 PELO MÉTODO DO EIXO PRINCIPAL REDUZIDO

Daniel da Costa Dantas; José de Arimatea de Matos; José Francismar de Medeiros; Francisco de Queiroz Porto Filho; Neyton de Oliveira Miranda

Departamento de Ciências Ambientais, Universidade Federal Rural do Semi Árido, Mossoró, RN, d1cdantas@bol.com.br

1 RESUMO

Com o objetivo de estimar a condutividade elétrica de extratos de saturação do solo (CEes) em função de extratos do solo 1:2 (CE_{1:2}), procedeu-se o monitoramento da salinidade do solo em um experimento com melão irrigado com água de diferentes níveis de salinidade (S1 = 0,6; S2 = 1,9; S3 = 3,2 e S4 = 4,5 dS m⁻¹), aplicada de forma incremental ao longo do ciclo. Coletaram-se amostras de solo para análise em três profundidades (0-15, 15-30 e 30-45 cm), durante dois ciclos de cultivo, aos 70 dias após a semeadura (DAS) no primeiro ciclo e aos 30 e 70 DAS no segundo. Determinou-se a CE_{1:2} e a CEes em amostras compostas, resultante de 15 tratamentos com três profundidades para cada tratamento. Os dados foram ajustados por profundidade e em conjunto, através de funções lineares de regressão e pelo método do eixo principal reduzido (EPR). A equação CEes = 8,094 CE_{1:2} + 0,0149 (R² = 0,9112), desenvolvida através do eixo principal reduzido para todos os dados, apresentou nível de estimabilidade semelhante às equações obtidas para as diferentes profundidades e épocas e que a CE é inversamente proporcional a razão entre água:solo.

UNITERMOS: *Cucumis melo*, salinidade.

DANTAS, D. da C.; MATOS, J. de. A. de; MEDEIROS, J. F. de; PORTO FILHO, F. de. Q.; MIRANDA, N. de. O.; ELECTRICAL CONDUCTIVITY OF SATURATED EXTRACTS DETERMINED BY THE REDUCED MAJOR AXIS METHOD USING MIXTURES OF SOIL AND WATER IN A 1:2 RATIO

2 ABSTRACT

This experiment was carried out aiming to estimate electrical conductivity of saturated water soil extracts (CEes) using mixtures of soil and water in a 1:2 ratio (CE_{1:2}). Soil salinity was monitored in a field where melon was irrigated with water which salinity level was increasing during the cycle (S1 = 0.6; S2 = 1.9; S3 = 3.2 and S4 = 4.5 dS m⁻¹). Samples were taken from two consecutive melon cycles at three depths (0-15, 15-30 and 30-45 cm). At 70 days after seeding (DAS) of the first cycle and at 30 and 70 DAS of the second CEes and CE_{1:2} were determined from compounded samples taken from 15 treatments with three depths each. Data were adjusted for all data and depth using linear regression and the reduced major axis method (RMA). The equation CEes = 8.094 CE_{1:2} + 0.0149 (R² = 0.9112) obtained using all data through RMA, showed a degree of predictability similar to the linear regression obtained for different depths and dates. Soil electrical conductivity was inversely correlated to the soil:water ratio.

KEYWORDS: *Cucumis melo*, salinity

3 INTRODUÇÃO

O manejo da agricultura irrigada, especialmente, sob condições semi-áridas, onde é comum água com níveis elevados de salinidade, requer informações periódicas da concentração de sais solúveis próximos à zona radicular das plantas. Tal informação contribui para a adequação das práticas de uso do solo e cultivo, de planos de preservação da qualidade de água e operação de projetos de irrigação, envolvendo processos de lixiviação e drenagem, balanço de sais, sustentabilidade da irrigação e proteção ambiental (QUEIROZ, et al., 2002). A salinidade inibe o crescimento das plantas provocando estresse hídrico, o qual é causado pelo aumento da concentração de sais no solo. Devido a sua afinidade com a água, as plantas têm que exercer maior força para extraí-la do solo, afetando desta forma, a disponibilidade hídrica para as culturas, mesmo em condições de umidade elevada na zona radicular (AYERS & WESTCOT, 1991).

O princípio básico para se evitar a salinização de um solo é manter o equilíbrio entre a quantidade de sais que é fornecida ao solo, através da irrigação, com a quantidade de sais que é retirada por meio da lixiviação e da drenagem. Em climas áridos, ou muito quentes, a evaporação da água enriquece o solo com os solutos, potencializando a elevação da salinização. Independente da relação de adsorção de sódio, o teor absoluto de sais na água é um fator limitante de seu uso na agricultura, em que pese a grande variação de tolerância a sais por parte da vegetação. A salinidade total da água age tanto sobre o solo como sobre as plantas, interferindo em seu potencial osmótico. Segundo Selborne (2001), se a população aumentar em 65% nos próximos cinquenta anos, como é virtualmente certo, cerca de 70% dos habitantes deste planeta enfrentarão deficiências no suprimento de água, e 16% deles não terão água suficiente para produzir sua alimentação básica. Mesmo assim, será necessário utilizar águas de qualidade inferior para assegurar o incremento de área irrigada, já que irrigação necessita crescer em mais de 2,25% ao ano para manter a crescente demanda de alimentos no mundo (RHOADES, et al., 2000). Portanto, a obtenção de técnicas laboratoriais mais simplificadas para se determinar a condutividade elétrica do solo, torna o estudo de grande importância. O método padrão consiste na determinação da condutividade elétrica do extrato de saturação (CEes), sendo o mesmo muito demorado e trabalhoso, enquanto que a determinação da CE_{1:2} é bem mais prática, embora a relação entre esta e a CEes dependa do solo (RHOADS & MYIAMOTO, 1990). Este trabalho teve como objetivo estimar a CEes em função da CE_{1:2}, para diferentes épocas de coleta, por profundidade e em conjunto, através de funções lineares de regressão e pelo método do eixo principal reduzido.

4 MATERIAL E MÉTODOS

Dois experimentos com a cultura do melão (*Cucumis melo*) irrigado foram conduzidos na Fazenda Santa Júlia, Mossoró, RN, cujas coordenadas geográficas são: latitude 5° 02' 0,02" S, longitude 37° 22' 33,6" W Greenwich e altitude de 60 m. O primeiro ocorreu no período de outubro a dezembro de 2001 e o segundo de setembro a novembro de 2002, ressaltando que entre os dois experimentos a área foi cultivada com milho (*Zea mays*) durante o período chuvoso de 2002.

A Fazenda localiza-se a 8 km a oeste do Km 25 da BR 304, distando 20 km da sede do município de Mossoró-RN. Segundo a classificação de Köppen, o clima de Mossoró é do tipo BSw^h, isto é, seco, muito quente e com estação chuvosa no verão atrasando-se para o outono, apresentando temperatura média anual de 27,4 °C, precipitação pluviométrica anual bastante irregular, com média de 673,9 mm, e umidade relativa de 68,9 % (CARMO FILHO, 1989).

O solo do local, segundo classificação da Embrapa (1999) é um LATOSSOLO VERMELHO Eutrófico argissólico de textura média, cuja análise granulométrica encontra-se na Tabela 1. Foram utilizadas na irrigação águas com quatro níveis salinos (S), (S₁=0,6; S₂=1,9; S₃=3,2 e S₄=4,5 dS m⁻¹), as quais tiveram as seguintes origens: S₁, água de poço do aquífero Arenito Açú; S₃, água de poço do aquífero Calcário Jandaíra; S₂, pela mistura de S₁ com S₃ e S₄ pela adição de NaCl a S₃. Os tratamentos foram constituídos pela combinação de águas de irrigação de diferentes salinidades (S),

utilizadas sem variar durante todo o ciclo da cultura e de forma incremental, formando 15 tratamentos (Tabela 2) correspondentes, respectivamente, aos tratamentos T₁ a T₁₅. Os níveis salinos S1, S2 e S3 corresponderam, respectivamente, à fase do plantio até o aparecimento das flores femininas, à fase do aparecimento das flores femininas até completo crescimento do fruto e à fase de maturação. Realizaram-se avaliações da evolução da salinidade do solo ao longo dos dois ciclos da cultura, nas camadas 0-15, 15-30 e 30-45 cm de cada bloco. Coletaram-se amostras compostas de solo de 4 pontos por parcela, em 2 gotejadores vizinhos, sendo que em cada gotejador um ponto de coleta se localizou próximo à linha lateral, a 6 cm do gotejador e o outro ponto a 20 cm na frente do mesmo, num ponto intermediário entre as plantas. As amostras foram coletadas com um trado de solo tipo holandês, de 30 mm de diâmetro, secadas ao ar, destorroadas e passadas em peneira de malha 2 mm.

No primeiro experimento, as amostras foram coletadas aos 70 dias após a semeadura (DAS) e no segundo aos 30 e 70 DAS. Formaram-se amostras compostas de cada profundidade e tratamento, juntando-se as amostras coletadas em cada bloco, onde se determinou a condutividade elétrica do sobrenadante dos extratos aquosos de solo obtidos numa mistura de uma parte de solo para duas de água destilada 1:2 (CE_{1:2}) e a CEes (RHOADES & MIYAMOTO, 1990). A partir destes dados de CE desenvolveram-se equações através de regressão linear e pelo método do eixo principal reduzido, conforme Menk & Igue (1992), da qual as variabilidades dos erros não são iguais, e a equação da relação funcional é definida pelo método do Eixo Principal Reduzido (EPR), que minimiza a soma das áreas dos triângulos formados pelas linhas traçadas de cada ponto à reta desejada e paralelas aos eixos X e Y. Foram procedidas análises de variância para regressão linear ($Y = a + bX$) por profundidade e conjunta e para testar a igualdade de modelos através do teste F. As equações propostas por Menk & Igue (1992) estão apresentadas a seguir:

$$\hat{b} = \pm (S_y^2/S_x^2)^{1/2} \quad (1)$$

$$\hat{a} = \bar{Y} - b \bar{X} \quad (2)$$

$$S_b = b [(1-r^2)/n]^{1/2} \quad (3)$$

$$S_a = S_y [((1-r^2)/n) (1 + \bar{X}^2/S_x^2)]^{1/2} \quad (4)$$

$$S_d = [2(1-r)(S_x^2 + S_y^2)]^{1/2} \quad (5)$$

$$D_d = (100 S_d) / (\bar{X}^2 + \bar{Y}^2)^{1/2} \quad (6)$$

em que,

\hat{b} - estimativa da inclinação da reta

S_y^2 - variância de Y

S_x^2 - variância de X

\hat{a} - estimativa do intercepto

\bar{Y} - média dos valores de Y

b - coeficiente angular

\bar{X} - média dos valores de X

S_b - estimativa do erro-padrão de b

r^2 - coeficiente de determinação

n - número de pares de dados

S_a - erro padrão de a

S_y - desvio padrão de Y

r^2 - coeficiente de determinação

r - coeficiente de correlação

S_d - desvio padrão da diagonal

D_d - coeficiente de dispersão em relação ao eixo principal reduzido

Tabela 1: Análise granulométrica e umidade de saturação do solo

Prof. (cm)	Textura (g kg ⁻¹)			Clas. Textural*	Densidade do solo (kg dm ⁻³)	θ_s (cm ³ cm ⁻³)
	Argila	Silte	Areia			
0-15	120,6	172,2	707,2	F.A	1,57	0,39
15-30	139,8	160,2	700,0	F.A	1,54	0,35
30-45	200,5	211,6	587,9	F.A ₁ .A	1,43	0,39

*F- franco; A1- argiloso; A - arenoso. θ_s - umidade de saturação do solo

Tabela 2: Tratamentos e salinidade da água por épocas de desenvolvimento da planta

Tratamento	Épocas de desenvolvimento da planta		
	Plantio ao Florescimento	Florescimento ao Desenvolvimento do Fruto	Maturação
T1	S1	S1	S1
T2	S2	S2	S2
T3	S3	S3	S3
T4	S4	S4	S4
T5	S1	S1	S2
T6	S1	S1	S3
T7	S1	S1	S4
T8	S1	S2	S2
T9	S1	S3	S3
T10	S1	S4	S4
T11	S2	S2	S3
T12	S2	S2	S4
T13	S2	S3	S3
T14	S2	S4	S4
T15	S3	S3	S4

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisando-se a Figura 1, observa-se alto coeficiente de determinação (R^2) da CEes em função da CE1:2 para todas as profundidades, obtendo-se as equações CEes = 7,953 CE_{1:2} + 0,068 ($R^2 = 0,943$) (Figura 1A) CEes = 8,113 CE_{1:2} + 0,169 ($R^2 = 0,896$), (Figura 1B) CEes = 6,335 CE_{1:2} + 0,674 ($R^2 = 0,823$) (Figura 1C), para as profundidades de 0 a 15cm, 15 a 30cm e 30 a 45cm, respectivamente, e quando se fez a análise conjunta de todas as profundidades e para todas as épocas, a equação obtida foi CEes = 8,094 CE_{1:2} + 0,015 ($R^2 = 0,911$) (Figura 1D).

As análises de regressão por profundidade e conjunta apresentaram valor de F altamente significativo; entretanto, quando se procedeu à análise de variância para testar a igualdade de modelos, os mesmos apresentaram-se diferentes, mas apenas para 5% de probabilidade. Embora o coeficiente de determinação (R^2) da análise conjunta tenha sido inferior ao da relação obtida para a profundidade de 0-15 cm, pode ser indicada para se estimar a CEes a partir da CE 1:2 no solo estudado.

As pequenas variações entre as equações determinadas para as distintas profundidades, provavelmente foram devido ao fato do solo não apresentar muita diferença na granulometria entre as profundidades estudadas e com isso as umidades de saturação terem sido similares (Tabela 1).

Não houve grande diferença quando se comparou a análise de regressão com a análise estrutural pelo método do eixo principal reduzido para diversas profundidades de solo, como pode ser visto pelos parâmetros a e b obtidos pelos diferentes métodos ou pelos gráficos (Figura 1). Isto

provavelmente deve-se aos valores de R^2 terem sido elevados, fato que não ocorreu com o trabalho de Menk & Igue (1992), quando estudou-se o relacionamento para dados de solo para análise granulométrica por diferentes métodos. Mesmo assim, acatou-se a sugestão da utilização da metodologia do ajuste pelo método da análise estrutural do eixo principal reduzido, devido à origem dos dados.

Fez-se um ajuste para os parâmetros a e b obtidos da equação $CE_{Es} = 8,094 CE_{1:2} + 0,015$ ($R^2 = 0,911$) (Figura 1D) dividindo-se pela umidade de saturação (US) do solo obtendo-se a equação $US \cdot CE_{Es} = 0,004 + 2,02 CE_{1:2}$, onde o fator de diluição 2,02 foi coerente para a relação estudada, pois este valor representa a umidade do solo da suspensão feita para se medir a CE no extrato aquoso 1:2 solo:água. Medeiros et. al. (1996), quando estimaram a salinidade do solo em ambiente protegido, com plantas floríferas e olerícolas cultivadas na região de Campinas- SP obteve a equação $US \cdot CE_{Es} = 0,02 + 1,55 CE_{1:2}$ com o fator de diluição igual a 1,55. Segundo os autores, isso ocorreu devido à elevada concentração de sais de sulfato de cálcio presentes no solo, o que limita a concentração de sais solúveis no extrato do solo quando a CE da mesma ultrapassa valores de $2,4 \text{ dS m}^{-1}$ (RICHARDS, 1973), diferente do presente trabalho onde o ânion mais comum é o cloreto que tem elevada solubilidade, o que leva a concentração de sais ser inversamente proporcional a taxa de diluição.

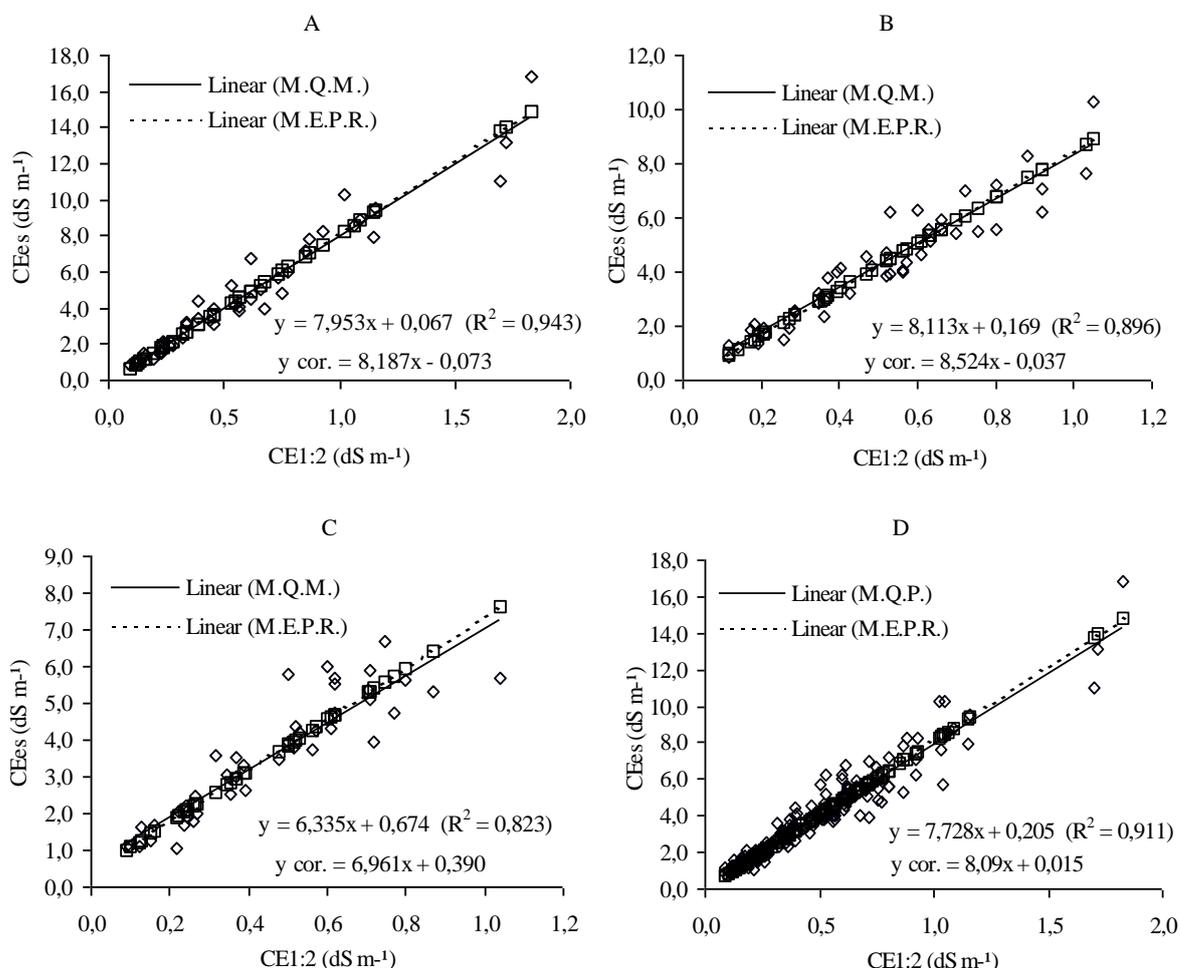


Figura 1- Relação entre a condutividade elétrica do extrato de saturação e a condutividade elétrica 1:2 para as profundidades 0 a 15 cm (A), 15 a 30 cm (B) e 30 a 45 cm (C) e considerando todas as profundidades (D), utilizando a análise de regressão pelo método dos quadrados mínimos (MQM) e a

análise estrutural através do método do eixo principal reduzido (MEPR). “y cor.” corresponde ao y estimado pelo método do eixo principal reduzido.

6 CONCLUSÕES

O método do eixo principal reduzido estimou equação similar a obtida pela análise de regressão.

A relação entre as condutividades elétricas medidas entre as duas metodologias seguiu a razão de diluição solo:água.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AYERS, R. S.; WESTCOT, D.W. A qualidade da água na agricultura. Campina Grande: Universidade Federal da Paraíba, 1991. 218 p.

CARMO FILHO, F. **Mossoró**: um município do semi-árido: características climáticas e aspectos florestais. 2.ed. Mossoró: Escola Superior de Agricultura de Mossoró, 1989. 62 p. (Coleção Mossoroense, 672, série B).

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisas de Solos. 1999. 412 p.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solo, 1997. 212 p.

MENK, J. R. F.; IGUE, T. Relacionamento de dados de solos entre métodos analíticos: o caso da análise granulométrica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.16, n.2, p.143-152, 1992.

MEDEIROS, J. F. et al. Método alternativo de campo para avaliar a salinidade do solo em estufa. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 25., 1996, Bauru. **Anais...** Bauru: SBEA, 1996. 1 CD-ROM.

QUEIROZ, S. O. P. de; TESTEZLAF, R.; MATSURA, E. E. Avaliação de metodologia para determinação da condutividade elétrica do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 31., 2002, Salvador. **Anais...** Salvador: SBEA, 2002. 1 CD-ROM.

RHOADES, J. D.; KANDIAH, A.; MASHALI, A. M. **Uso de águas salinas para produção agrícola**. Campina Grande: Universidade Federal da Paraíba, 2000. 117 p. (FAO. Estudos de Irrigação e Drenagem, 48).

RHOADES, J.D.; MIYAMOTO, S. **Testing soils for salinity and sodicity**. In: WESTERMAN, R.L. (ed.) Soil testing and plant analysis. Madison: Soil Science Society of America, 1990. cap. 12, p.299-336. (Book Series, 3).

RICHARDS, L. A. **Diagnostico y rehabilitacion de suelos salinos y sodicos**. Ed. Limusa. México, 1973. 172 p.

SELBORNE, L. **A Ética do uso da água doce: um levantamento**. Brasília: UNESCO, 2001. 80 p.